

הרקטה — ככלי קרב

שער נא בנפשו, שהנך עומד על גבי שטח אופקי חלק לחלוטין. בתנאים האלה ייכשלו כל נסיונותיך לנוע באיזה כיוון שהוא, רק תמולל ברגליך באין ישע ומקומך לא תזוז. מאליו יובן, כי אין זו אלא הנחה, כי למעשה אין אפשרות ליצור שטח כזה החלק לחלוטין. אך המשל הזה מלמד כי אין ההלך מסוגל להקנות לגופו תנועה חסע, תנועה של התקדמות, אלא אם כן ידחוף עצמו ברגליו משטח האדמה. ואם נתון הוא בתנאים המונעים דחיפה כזאת, נמנעת גם הופעתה של התנועה המעבירת מהכא להתם. אגב, משהו מעין זה אפשר לראות גם במציאות, כשחלה תנועת-סרק של גלגלי מכונית על גבי קרח, או של קטר על פסירכבת עטוי קרח או רטובים.

אם נחזור לענין האדם שנמצא במצב קשה כליכך, נוכל לומר כי יש לו מוצא כזה: עליו לקחת בידיו איזה חפץ בעל מסה גדולה ככל האפשר ולזרקו בכוח בהיסוף לכיוון שבו רוצה לנוע. מיד יקבל גופו הדחיפה ויתחיל לנוע לצד ההפוך מן הכיוון שאליו נהדפה המסה. וכאן יהא שיעור התנועה שיקבל האדם — כפל המסע של האדם על מהירותו — כשיעור התנועה שהקנה לחפץ שזרק.

אם נפנה עכשיו מן המשל המדומה הזה אל המציאות הממשית המקיפה אותנו, נראה כי הדחיפה מעין זו נחוצה לכל תנועה בכלל.

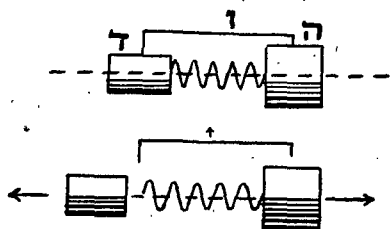
מדוע נע המטוס? משום שמדחפו הודף מסות של אויר לאחור לצד ההפוך מכיוונה של הטיסה. המטוס כאילו דוחף עצמו כל הזמן מסביבת האויר המקיפה אותו.

תופעה מעין זו של דחיפה אפשר לראות בעליל גם בשעת שהפגז הארטילרי נפלט מלוע התותח. בשעת היריה חלה רגיעה: דהיינו, התותח ניוזן לאחור, לצד ההפוך מכיוון מעופו של הפגז.

ולבסוף נקח לדוגמה מכונית רגילה. ודאי לא פעם אחת נזדמן לכם לראות איך גלגלי מכונית מסתובבים סיבובי-סרק על פני שטח חלק של קרח, — הגלגלים מסתובבים ואין להם אחיזה מספקת בפני הקרח. ומדוע אין המכונית יכולה לזוז ממקומה? משום שברגע זה אין בין גלגליה ובין פני האדמה מידה מספקת של אחיזה שתאפשר לה את ההידחפות מן האדמה. ממש כך תהיה ריצת-הסרק של רגלינו על פני שטח חלק לגמרי. ואלו כשהאחיזה בין גלגלי המכונית ופני הארץ מספקת, מתחילה המכונית לנוע.

ומקבלת שיעור מסוים של תנועה. ממש כשי עור הזה של תנועה, בכיוון הפוך, מקבל באותו הרגע גם כדור הארץ. כיוון שה מסה של הארץ היא גדולה מאוד לעומת המכונית, ממילא המהירות המוקנית אותה שעה לכדור הארץ היא למעשה כמות מבוטלת לחלוטין, ואין כלל אפשרות להבחין בה. ואף על פי כן, קיימת תנועה זו של כדור הארץ, איראפשר שלא תהיה: כי דווקא בכוחה מקבלת המכונית את תנועתה המתקדמת.

ובכן, להופעת התנועה נחוצה הדחיפה. פירוש של דבר הוא כי במקרים כאלה הכרחית תמיד פעולת-גומלין של שתי מסות, שהאחת מהן נעה בכיוון אחד והשניה בכיוון הפוך.



שני גופי-מסה (ד' וה') מחוברים באמצעות קפיץ ומוט-חיבור (א). אם נסלק את המוט, יתפשט הקפיץ וידחוף את גופי-המסה. במידה שהמסה גדולה יותר — תפחת מהירות הגוף. אחד מגופי-המסות מייצג את הרקטה והשני — את הגזים הנפלטים ממנה.

הדג והשחיין מקבלים תנועה מתקדמת בהדפם מים לאחוריהם: הציפור והמטוס — בהדפם אויר לאחוריהם: ההלך והמכוננית — בדחפם לאחוריהם את המסה של כדור הארץ; פגז של תותח — בדחפו לאחור את גוף התותח. אכן, המסה הנהדפת לאחור היא המחוללת את הריאקציה, שבכוחה מקבל הגוף הנדון תנועות־התקדמות. במובן זה אפשר לומר כי כל תנועה היא תנועה ריאקטיבית, ואין בכך דבר יוצא־דופן. על אף שורת הדוגמאות הבלתי־צפויות שעמדנו עליהן, התנועה הריאקטיבית בכללה היא אחת הדוגמאות הפשוטות ביותר לשימוש בחוק המיכניקה הידוע של ניוטון "כוח הפעולה כן כוח הפעולה־שכנגד".

* * *

בכל הדוגמאות שעמדנו עליהן המסה הנדחפת לאחור היתה מחוץ לגוף המקבל את התנועה. אך יש גם אופן אחר של העתקת גוף מנקודה לנקודה בחלל כשהמסה הנדחפת לאחור נמצאת תחילה לא מחוצה לגוף המתנועע אלא בתוכו. לפני שהשתמש האדם בעיקרון זה של תנועה לצרכי הטכניקה יכול היה לראות את גילוייה בטבע הסובב. ידוע למשל, כי באופן הזה נע הדיזון. בגופו יש קפל, המהווה

סכימה של רקיטה. גזים של אבק־שריפה מתוך תא "א" — נחלצים דרך הנקב "ב", ואגב כך מונעת הרקטה ("ג") אל העבר, הנגדי.

במקרים מסויימים, תנועת הרקטה מהירה יותר באם פליטת־הגזים באה דרך מפלט קרוטי ("ב") לפי שיטת לואל, "א" — תא הבעירה, "ג" — הרקטה.

תנועת הרקטה אינה מדויקת בתכלית משום שהגזים הנפלטים אחורה יוצרים "מערכת־אוויר" אשר צורתן אינה סימטרית. אחת הדרכים לייצוב תנועתה של הרקטה הוא סידור מפלטים להפצעת הגזים, אשר יבטיחו את התהוותו של קילוח־בורני. דרך אחרת לעיצוב תעופת הרקטה: בחלקה האחורי של הרקטה קובעים מתקן מייצב בדמות מערכת־משטחים.

חלל מיוחד, שלתוכו הוא קולט מים; בפלטו בכוח את המים הללו, דרך נקב מיוחד, מקבל הדיזון את התנועה המניעה אותו. באופן דומה נעות גם המדוזות וחולי ילק־המים. עכשיו נעבור מתחום הטבע לתחום הטכניקה. נקח, לדוגמה, סירה שבירכתיה קבוע מיכל־מים. בפליטת המים מן המיכל על ידי איזו משאבה, אפשר להקנות לסירה תנועה שתניעה קדימה. מאליו יובן כי מבחינה טכנית תהא יעילותו של אופן־ההנעה הפרימיטיבי הזה מועט; וכי כמה מים אפשר לאגור במיכל! אך כל כוונתנו כאן לא היתה אלא לציין, שאותו עקרון כללי עצמו מונח גם ביסודה של כל הטכניקה־ההידרואית אשר לתנועה הריאקטיבית. הטכניקה־ההידרואית משתמשת כמובן לתכלית זו לא במים, אלא בגז, הדרוס עד מאוד, המתהווה כתוצאה משריפתו של איזה דלק מוצק או נוזל.

הנה, בצורה כוללת ביותר, הסכימה של המניע הריאקטיבי ההידרואי. שער־גא בנספח כי באיזה כלי, הסגור מכל עבריו — ה"תא" — חלה התפוצצות של דלק מוצק, למשל אבק־שריפה — או התלקחות של דלק נוזל, למשל בנזין או קרוסין. בגדר הטבע הוא שהגזים שנתהוו מתוך כך ילחצו לחץ שווה על כל דפנות התא — למעלה, למטה ולצדדין. אך מה יקרה, אם באחת הדפנות של התא, — נאמר, בתחתית — ייעשה נקב?

הגז הדחוס מאוד בתוך הכלי, יפרוץ מיד החוצה דרך הנקב הזה. משמע, שהלחץ על הדופן התחתית יתמעט מעט גדול — ושוב לא יוכל לאזן את לחץ הגז על הדופן שנגד, היא העילית. הלחץ על הדופן העילית יעלה, איפוא, על לחצו על הדופן התחתית, ועודף לחץ זה ימשוך את כל התא אלי-על: הוא ימריא, עקרון זה אינו אלא גילגול-צורה של עקרון התנועה הריאקטיבית שעמדנו עליו קודם. אכן, הופעת ההבדל בלחץ הגזים בשני הכיוונים הנ"ל נתאפשרה רק משום שהגז קולח ויוצא מן הנקב — והרקטה נדחפת בכוח הגז הזה.

אם שריפתו של הדלק שהושם בתא תהא הדרגתית, מתוך חישוב לזמן מסויים, יהא התא שרוי בטיסה עד שיאול הדלק ויפסיק ע"י כך את פעולת-ההתמד של הטיסה. התא שבו חלה שריפת הדלק, על כל מכשיריו, נקרא בשם רקטה, ועצם תנועתה קרויה ריאקטיבית, או רקטית.

הנקב, שעושים באחד מדפנות התא, קובעים בו מין שפופרת מיוחדת, שצורתה חרוטית, הנקראת בשם מפלט. דפנות המפלט הזה מפציעות, החוצה, וצורתן מעין רם-קול. הגזים, בצאתם דרך מפלט כזה, נגרים על פני דפנותיו, לוחצים עליהן, ולחץ זה מגביר את הכוח המניע את הרקטה.

נמצאנו למדים, כי העקרון היסודי של תנועת הרקטה, הדוחפת מתוך גופה מסה של גז דחוס דרך נקב מיוחד, הוא פשוט עד מאוד.

יש לה לרקטה סגולה מיוחדת אחת: בהיותה טעונה דלק, יכולה היא לנוע בלי זיקה למידת צפיפותו של האויר הסובב אותה — ואת התוצאות המצויינות ביותר משיגים דווקא בחלל נטול-אויר, שבו אין כלל התנגדות חיצונית לתנועתה. דבר זה מתאפשר משום שהמסה, שממנה נדחפת הרקטה, גנוזה מראש בתוכה, — ומשום כך אין צורך בהידחפות מסביבה חיצונית.

וכאן ישאל השואל: איך, איפוא, יבער הדלק, המושם ברקטה, באין חמצן? אך, ראשית, להתלקחותו, אין אבק-השריפה זקוק לחמצנו של האויר — החמצן מצוי בגופה, בצורה אחוזה-ידבוקה בתוך חלקיקי החמרים מהם הוא מורכב; ואשר לדלק הנוזל, הרי הטכניקה דהאידנה יש בכוחה להתגבר להפליא על הקושי הזה, בשימה לתוך הרקטה גלילים מלאי חמצן-נוזל, שנתהווה אגב צינון האויר בערך עד לשיעור 200° למטה מן האפס.

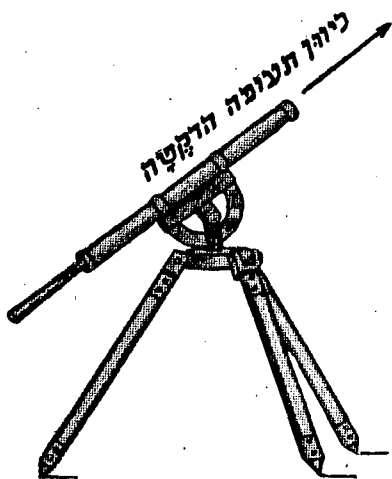
אכן, על סגולתה זו של הרקטה לנוע בחלל נטול-אויר נתבססו התכניות הרבות לשימוש לצורך תחבורה בין-פלנטית. אך התכניות הללו הן עדיין נחלה של הפנטסטיקה המדעית. לעומת זאת, היכולת להשתמש במניע הרקטי בשכבות הגבוהות של האטמוספירה הארצית — בסטרטוספירה, ששם כמעט מן הנמנע הוא להשתמש במוטסים מנועיים-מדחפיים — היא בגדר האפשרות בהחלט.

* * *

לפני יותר מאלפיים שנה המציאו הסינים רקטות פשוטות-מבנה ביותר, — וגם השתמשו בהן לצורך מלחמה. הרקטה הסינית היתה, כפי הנראה, דומה לאותן הרקטות שמשתמשים בהן בימינו לזיקוקין ולאיתות. הסינים השתמשו ברקטה שלהם כבאמצעי מצית בעיקר, בשעת שימת מצור על ערי האויב. שפופרת רקטית, ובה מלאי לא גדול של אבק-שריפה, היתה נקשרת אל חץ. בירית חץ כזה מן הקשת היו החיילים הסיניים מקנים לרקטה מהירות התחלתית גדולה ומגדילים את טוח תעופתה.

פעמים רבות השתמשו ברקטות למטרות צבאיות גם בתקופה מאוחרת יותר, בחלקים השונים ביותר של כדור הארץ. כך, למשל, במאה ה-17 השתמש המצביא והמדינאי הצ'כי הנודע יאן ז'יקה, בשעת שימת מצור על ערים, ברקטות-מציתות שהיה משוה להן צורה חיצונית של צפורים. יש לשער שמראה צפרי-אש, הטעות בעיים ובמעופן מולטת אש-ועשן, ודאי עשה רושם מפליאימה על הנצורים. מלבד זאת היו הרקטות מפילות דליקות, שסכנתן היתה מרובה ביותר בתוך הערים המצופפות שבימי-הביניים.

במאה הי"ח נתפשו האנגלים בהודו עם הגייסות ההודיים שהיו להם פלגות מיוחדות של מעסי־רקטות, שהיו משתמשים ברקטות שימוש מאורגן ומרובה. הקולונל האנגלי, קונגרייב, שהיה בצבא הכיבוש, נתן דעתו על כלי־מלחמה זה, שבימים ההם לא השתמשו בו באירופה, וכשחזר למולדתו שכלל טיפוס חדש של רקטת־קרב לפי הרמה של הטכניקה באירופה של הימים ההם. הנסיונות הראשונים, שנעשו ב־1804, לא הצליחו ביותר, אך במרצת הימים שכלל קונגרייב כל כך את הרקטה שלו, עד שקיבלה ערך צבאי רציני, כך, בשעה שהאנגלים צרו על קופנהגן ב־1807 נורו מאניות הצי הבריטי אל העיר כמה אלפים של רקטות "קונגרייביות". מעשה זה ידוע בדברי הימים בשם "שריפת קופנהגן ברקטות" (1).



בעשרות השנים שלאחר כך נתפרסמו הרקטות של קונגרייב באירופה פרסום רחב (2), חזכו להתפשטות רבה, והן נתקבלו, בשינויים אלה או אחרים, כזיוין באזנם של כמעט כל הצבאות שבאירופה. האנגלים והצרפתים השתמשו ברקטות במסע בסטופול, 55—1854. רקטות אלה הצטיינו כבר בסגולות טכניות וטקטיות רמות למדי. מהירות מעופן היתה בערך 350 מטר בשניה, ושיעור הטווח — כמה קילומטרים. הסטייה המשוערת לצדדין בשעת המעוף היתה כ־2 אחוזים ממרחק־התעופה, באופן שבשעת היריה לק"מ אחד היתה זו סטייה של 20 מטר.

באמצע המאה הי"ט נתקבל הנשק הריאק־טיבי כזיוין גם בצבא הרוסי. יוצר הרקטה הרוסית היה הארטילריסט־המלומד רב־הזכור יות הגנר־לויט. ק. קונסטנטינוב. ב־1850 כבר עבד בפטרבורג בהנהלתו "בית־חרושת־לר־קטות" מיוחד. ביח"ר שני, עוד גדול מהנ"ל, נוסד בניקולאיב, גם הוא לפי תכניתו של הגנר קונסטנטינוב הנ"ל.

הטווח המכסימלי של הרקטות הרוסיות הגיע עד 4 ק"מ, במשקל כללי עד 80 ק"ג.

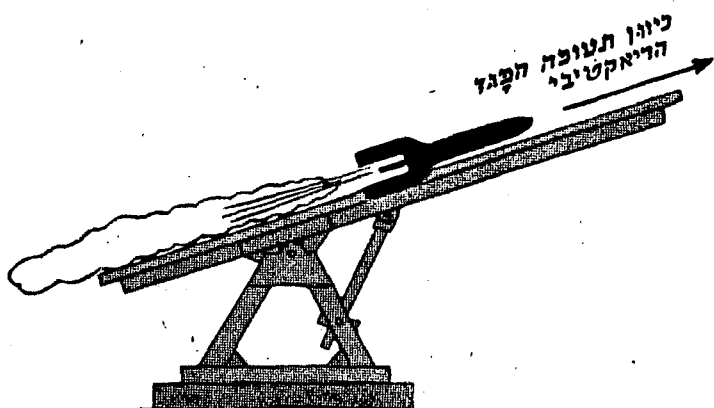
לפי תנאי הטכניקה בימים ההם אפשר לחשוב את הנתונים הללו כבגדר־שיא.

השימוש המעשי ברקטות בצבא הרוסי גם הוא נמצא מוצלח לחלוטין, כן, למשל, הגנרל סקובלייב השתמש שימוש מוצלח באמצעי־הקרב הרקטיים לשם פיזור חיל־הפרשים הבלתי־סדיר של האויב (3). בספרו "זכרונות" מציין הגנרל ברוסילוב, כי בשעת המלחמה עם תורכיה ב־1877, בעודו קצין צעיר, היה עד־ראיה לשימוש מוצלח ברקטות ע"י הצבא הרוסי.

על אף ההצלחות הללו, לא זכה הנשק הרקטי להמשך התפתחותו לא באירופה ולא ברוסיה. עד מהרה עברתהו הארטילריה "המתחתית" (4) שהלמה יותר את התנאים

(1) עוד לפני כך נתפרסמה עד מאוד התקפת הרקטות הנמרצת של הבריטים על פולן, בסיסו של "צבא־הפלישה" שהוכן ע"י נפוליון לשם חדירה לבריטניה. — המער כת.
(2) סוללות רקטיות בריטיות השתתפו אף ב"מערכת־העמים" — היא מערכת לייפציג הגדולה שב־1813. — המער כת.
(3) במסעות־הכיבוש הרוסים בתורכסטאן. — המער כת.
(4) "מתחתית" — שהלמה יותר את התנאים

הטקטיים החדשים של הקרב. וההישגים הטכניים הכבירים של הארטילריה ה"תותחית" בחצי השני של המאה ה-19, הביאו לידי כך שהרקטה, זו בעלה הטווח המועט לפי הערך ושיעור-הדיוק וכוח-האש המועטים, סולקה מכלל אִזְנו של הצבא בשנות השמונים. ורק בפרוס מלחמת העולם השנייה זכה הנשק הרקטי, שקם לתחייה על יסוד טכני חדש, לרכוש לעצמו שוב מקום בטכניקה המלחמתית, מבלי שידחוק רגליה של הארטילריה ה"תותחית", אלא מתוך סיוע לה בפתרון בעיות טקטיות רבות. הגנרליט. ק. קונסטנטינוב, שהניח את היסוד לחרושת רקטות-המלחמה בשביל הצבא הרוסי, היה המלומד הראשון שהעמיד על מסד מדעי את בעיות התנועה הרקטית. הוא ערך את חקירותיו וניסה את נסיונותיו במעבדה שנכונה במיוחד. בשנת 1856 הוציא ק. קונסטנטינוב לאור, בסטרבורג, את חיבורו בשם "על רקטות-הקרב". לפי עמקות הצגתה של הבעיה, ראוי חיבור זה גם בימינו לשמש מופת למחשבה מדעית-טכנית מכוונת-תכליתית. מחקרו של ק. קונסטנטינוב עורר עניין רב בחוץ-לארץ, ועד מהרה יצאו מהדורותיו בצרפת ובאנגליה.



סכימה של פגז ריאקטיבי המתחיל את תנופתו מעל המתקן-המכוון

קונסטנטינוב הציב מטרה לעצמו לקבוע את הכוח המניע של הרקטה, ובא לכלל מסקנה בעניין אי-הסכונותו של המניע הריאקטיבי כל זמן שהמהירויות הנזקקות. המסקנה הזאת מאושרת ומקוימת לחלוטין ע"י המדע של זמננו. המניע הרקטי, בטיסה מרוחקת כלשהי, זקוק לשיעור דלק רב כל-כך עד כי ליצור רקטה שפעולתה תהא ממושכת, — על כל פנים, לפי מצב המדע בימינו — הוא בגדר הנמנע. משמע שהמוצלח ביותר הוא השימוש ברקטות המונעות במהירויות גדולות, ובזמן קצר לפי הערך.

דוקא מחשבה פוריה זו, שהובעה בצורה כללית לראשונה ע"י ק. קונסטנטינוב, המדע של זמננו פיתח אותה, הונחה ביסודו של הנשק הרקטי, שמצא את שימושו ההמוני בכל חזית של "מלחמת-המולדת הגדולה".

(סוף יבוא)

4) הביטוי "תותח" בא כאן לציין ארטילריה המשתמשת בכלי-יירה פגזים, ולא ברקטות הטטות, בעצם, טיסה, "עצמית", וחל כאן על כל כלי-היירה הנ"ל, מבלי להבחין כאן בין התותחים במובנה המדויק של המלה, להויבצורים ולמרגמות-הארטילריות. — המער.